

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT
DARI ASAM SULFAT DAN NATRIUM NITRAT
KAPASITAS 35.000 TON PER TAHUN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi
Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

RIZKI DYAH ARIMURTI

D 500 120 045

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT
DARI ASAM SULFAT DAN NATRIUM NITRAT
KAPASITAS 35.000 TON PER TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

RIZKI DYAH ARIMURTI

D 500 120 045

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



M. Mujiburohman, Ph.D.

NIK. 794

HALAMAN PENGESAHAN

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT
DARI ASAM SULFAT DAN NATRIUM NITRAT
KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN**

OLEH

RIZKI DYAH ARIMURTI

D 500 120 045

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 1 November 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.

(.....)

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Nur Hidayati, M.T., Ph.D.

(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)

3. M. Mujiburohman, Ph.D.

(.....)

(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan Fakultas Teknik



Ir. H. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D
NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 November 2016

Penulis



Rizki Dyah Arimurti

D 500 120 045

PRARANCANGAN PABRIK ASAM NITRAT DARI ASAM SULFAT DAN NATRIUM NITRAT KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

ABSTRAK

Pabrik asam nitrat dari asam sulfat dan natrium nitrat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun direncanakan berdiri pada tahun 2020 di Karawang, Jawa Barat. Bahan baku natrium nitrat diimpor dari Chili, dan asam sulfat dari PT Indonesian Acid Industry. Proses pembuatan asam nitrat menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Reaksi pembentukan asam nitrat berlangsung pada kondisi eksotermis, non adiabatic dengan pendingin berupa jaket, reaksi berjalan secara *irreversible*, beroperasi pada suhu 150°C dan tekanan 1 atm. Pabrik ini tergolong pabrik berisiko rendah karena kondisi operasi atmosferis.

Reaksi pembentukan asam nitrat diawali dengan mereaksikan asam sulfat dan natrium nitrat dalam reaktor (R-110). Produk keluar dari reaktor berupa gas diembunkan dalam kondensor kemudian dimurnikan di dalam menara distilasi untuk menghasilkan produk dengan kemurnian 98%, sedangkan hasil bawah reaktor berupa campuran asam nitrat, natrium nitrat, dan natrium bisulfate (*niter cake*). Produk asam nitrat yang dihasilkan sebesar 4.419,1919 kg/jam. Unit pendukung proses terdiri dari unit penyedia air pendingin sebesar 119.178,1218 kg/jam, kebutuhan *steam* sebesar 8.871,2408 kg/jam, dan kebutuhan air sanitasi sebesar 1.288,3656 kg/jam. Kebutuhan air diperoleh dari air sungai Kalimalang, sedangkan kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan *generator set* sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

Hasil analisis ekonomi pabrik asam nitrat diperoleh keuntungan sebelum pajak sebesar Rp56.960.386.562 per tahun, keuntungan setelah pajak sebesar Rp42.720.289.922. *Percent return on investment* (ROI) sebelum pajak 21,34% dan setelah pajak 16,01%. *Pay out time* (POT) sebelum pajak 3,19 tahun dan setelah pajak 3,85 tahun. *Break event point* (BEP) sebesar 57,60%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,79%, dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 31,91%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata kunci: Asam nitrat, asam sulfat, *niter cake*, RATB

ABSTRACT

Nitric acid plant with raw materials of sulphuric acid and sodium nitrate with a capacity 35.000 tons/year is planned to be established in 2020 in Karawang, West Java. The sodium nitrate is imported from Chile and the sulphuric acid is from PT Indonesian Acid Industry. The nitric acid production uses continuous stirred tank reactor (CSTR). The reaction is exothermic, non adiabatic, and irreversible, carried out at temperature of 150°C and pressure of 1 atm. The plant is categorized as low risk process due to the friendly operating conditions.

The process of nitric acid production is initiated with reacting sulphuric acid and sodium nitrate in the reactor. The vapor product of reactor is condensed by a partial condenser and is purified in distillation tower to produce nitric acid with purity of 98%, while the liquid product, called niter cake, is stored as side product. Based on the capacity, the production of nitric acid is 4,419.1919 kgs/hour. To support the process, utilities are required including 119,178.1218 kgs/hour of cooling water, 8,871.2408 kgs/hour of steam. Which is obtained from boiler consuming fuel oil as much as 793.4961 L/hour, and electricity supplied from PLN and generator set. The water source is taken from Kalimalang river,.

The economic analysis gives the profit before tax is Rp56,960,386,562/year, and Rp42,720,289,922/year after tax. The percent Return on Investment (ROI) before tax is 21.34% and 16.01% after tax. The Pay Out Time (POT) before tax is 3.19 years and 3.85 years after tax. The Break Event Point (BEP), the Shut Down Point (SDP), and the Internal Rate of Return (IRR) are 57.60, 27.79%, and 31.91%, respectively. The above economic analysis concludes that the plant is feasible to set.

Keyword: CSTR, niter cake, nitric acid, sulphuric acid

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk meningkatkan perekonomian di Indonesia, salah satu caranya dengan pembangunan industri kimia. Salah satu bentuk industri kimia yaitu industri asam nitrat. Asam nitrat dengan nama lain *aqua fortis*, hidrogen nitrat, atau nitril oksida merupakan senyawa kimia yang sangat penting di industri kimia. Asam nitrat (*aqua fortis*) digunakan untuk memisahkan emas dari perak, serta melarutkan logam-logam dasar. Selain itu asam nitrat juga digunakan di laboratorium sebagai *reagen*.

Pada tahap perkembangannya asam nitrat dengan kemurnian lebih dari 80% sebagai bahan baku dalam pembuatan ammonium nitrat, urea, *ammonium nitrate solution*, dan ammonium sulfat nitrat. Sedangkan asam nitrat dengan kemurnian 30-60% digunakan untuk membuat pupuk campuran dengan bantuan fosfat sebagai pelarut dalam industri *electro plating*, dan dinitrotoluena (Perry dan Green, 1999).

Di Indonesia masih sedikit industri yang dapat mengeksport produknya. Dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor sekaligus membuka peluang ekspor dunia yang lebih besar

selain digunakan untuk kebutuhan dalam negeri, dan berperan serta dalam program pemerintah untuk menciptakan lapangan kerja baru.

1.2 Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi asam nitrat didasarkan pada data impor dari Badan Pusat Statistik (BPS) 2010-2015 dan kapasitas pabrik yang sudah ada. Data impor perdagangan asam nitrat dapat dilihat dalam Tabel 1.1 dan kapasitas produk yang sudah ada di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.2:

Tabel 1.1 Data impor perdagangan asam nitrat (BPS, 2016)

No	Tahun	Jumlah impor (ton)
1	2010	10243
2	2011	11260
3	2012	11187
4	2013	12991
5	2014	12568
6	2015	15657

Tabel 1.2 Kapasitas produksi pabrik asam nitrat di dunia (www.ICIS.com)

No	Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
1	<i>Trade Mark nitrogen</i> (Tampa, Florida)	35000
2	<i>Bayer Material Science</i> (Baytown, Texas)	45000
3	<i>ANGUS Chemical</i> (Sterlington, Louisiana)	65000
4	<i>DuPont</i> (Beaumont, Texas)	95000

Dari tabel di atas dapat diketahui kebutuhan asam nitrat dalam negeri cukup banyak. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, maka ditentukan kapasitas produksi prarancangan pabrik asam nitrat pada tahun 2020 sebesar 35.000 ton/tahun.

1.3 Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik mempunyai pengaruh besar terhadap kelangsungan operasional dan nilai ekonomis pabrik itu sendiri. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi suatu pabrik

pada umumnya ditetapkan atas dasar orientasi bahan baku, dan penjualan produk. Lokasi pabrik asam nitrat ditetapkan di Karawang, Jawa Barat.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Pemilihan Proses

Macam-macam proses pembuatan asam nitrat antara lain (Faith dkk, 1961):

a. Proses oksidasi

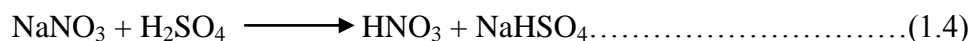
Pada proses ini udara dikompresi menjadi 100 psi, disaring dan dipanaskan sampai suhu 300°C dengan *heat exchanger*. Amoniak diuapkan dengan *vaporizer* selanjutnya dicampur dengan udara yang sudah dikompresi. Di dalam reaktor terjadi proses oksidasi antara amoniak dan udara dengan reaksi sebagai berikut:



Campuran udara dan amoniak dimasukkan kedalam reaktor yang berisi katalis platina 2-10% dari reaktor dihasilkan nitrogen oksida (NO) dan udara, kemudian direaksikan dengan oksigen supaya terbentuk asam nitrat yang konsentrasinya 60-65%.

b. Proses *retort*

Proses *retort* menggunakan bahan baku natrium nitrat dan asam sulfat. Di dalam reaktor terjadi reaksi eksotermis antara natrium nitrat dan asam sulfat. Reaksi yang terjadi:



Suhu operasi antara 150-200°C selama 12 jam. Selama proses asam nitrat mengalami dekomposisi karena adanya panas reaksi sehingga suhu reaktor harus dijaga. Asam nitrat menguap, kemudian dilewatkan kondensor parsial. Hasil gas dan embunan dipisahkan dengan separator.

Gas yang tidak terembunkan berkisar antara 10-20% dari asam nitrat keluar reaktor. Gas yang tidak terembunkan diserap oleh air dalam absorber. Hasil cairan absorber dan separator dicampur dalam *mixer*

kemudian dipisahkan menggunakan menara distilasi untuk menghasilkan asam nitrat dengan konsentrasi 96-99%. Hasil samping reaktor berupa campuran NaHSO_4 dan zat yang tidak bereaksi lainnya atau disebut *niter cake*. *Niter cake* dapat digunakan pada industri baja (Faith dkk., 1961).

Dari uraian proses pembuatan asam nitrat di atas, proses yang dipilih adalah proses *retort* dengan pertimbangan:

1. Asam nitrat yang dihasilkan mempunyai kadar tinggi yaitu 96-98%.
2. Hasil samping berupa *niter cake* masih bisa digunakan untuk proses industri.
3. Kondisi operasi mudah dicapai karena hanya memerlukan suhu dan tekanan rendah.

1.4.2 Kegunaan Produk

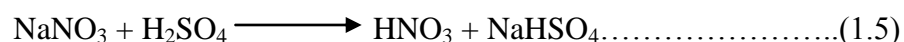
Produk asam nitrat sebagian besar digunakan sebagai (Faith dkk., 1961):

1. Bahan baku pembuatan bahan peledak
2. Digunakan dalam proses pemurnian logam
3. Garam nitrat digunakan untuk pupuk, kembang api, dan korek api
4. Digunakan dalam proses pembuatan nitrogliserin
5. Digunakan untuk menghilangkan dan membersihkan peralatan laboratorium dari kerak kalsium dan magnesium yang menempel

1.4.3 Tinjauan Proses Secara Umum

Reaksi pembentukan asam nitrat dari natrium nitrat dengan proses *retort* merupakan reaksi *irreversible* dimana gugus H yang dilepaskan kemudian diikat oleh natrium nitrat sehingga diperoleh produk asam nitrat dengan rumus molekul HNO_3 (Kirk dan Othmer, 1998).

Asam nitrat secara komersial dapat dibuat dengan proses *retort* dengan reaksi sebagai berikut (Kirk dan Othmer, 1998):



Natrium nitrat dalam bentuk padat dan asam sulfat dalam bentuk cair, maka reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Reaksi antara natrium nitrat dengan asam sulfat berlangsung pada

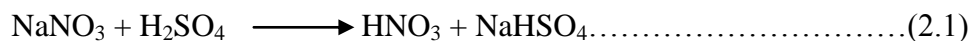
suhu 150°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi eksotermis, sehingga mengeluarkan panas, untuk menjaga suhu reaksi digunakan media pendingin.

Produk keluar dari reaktor yang berupa gas diembunkan kemudian dipisahkan dengan menara distilasi untuk menghasilkan kemurnian produk yang lebih tinggi, sedangkan hasil bawah reaktor berupa *niter cake*.

2. METODE

2.1 Dasar reaksi

Proses pembuatan asam nitrat yaitu dengan mencampurkan natrium nitrat dan asam sulfat yang terjadi dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB). Perbandingan mol asam sulfat dan natrium nitrat adalah 1:1,05. Berikut ini reaksi yang terjadi saat pembentukan asam nitrat (Faith dkk., 1961):



2.2 Kondisi Operasi

Reaksi utama yang menghasilkan asam nitrat adalah reaksi padat-cair dengan menggunakan reaktor RATB. Kondisi operasi pada reaksi pembentukan asam nitrat sebagai berikut (Faith dkk., 1961):

Suhu operasi	= 150°C
Tekanan operasi	= 1 atm
Perbandingan mol umpan	= 1:1,05

2.3 Tinjauan termodinamika

Tinjauan secara termodinamika dimaksudkan untuk mengetahui sifat reaksi (eksotermis/endotermis) dan arah reaksi (*reversible/irreversible*). Untuk menentukan sifat reaksi dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f° pada $P = 1$ atm dan $T = 25^\circ\text{C}$) (Yaws, 1999).

Reaksi pembentukan asam sulfat ditinjau dari reaksi kesetimbangan sebagai berikut:



Harga dari ΔH_f° dan ΔG_f° masing-masing reaksi pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Harga ΔH_{f298}° dan ΔG_{f298}°

Komponen	ΔH_{f298}° (kJ/mol)	ΔG_{f298}° (kJ/mol)
NaNO ₃	-467	-7,35
H ₂ SO ₄	-735,13	-744,5
HNO ₃	-135,10	-80,8
NaHSO ₄	-1387,1	-992,9

Maka panas reaksi standar (ΔH_r°):

$$\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{reaktan}) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$= -320,07 \text{ kJ/mol}$$

Karena nilai ΔH_r° bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis.

$$\Delta G_f^\circ = \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$= -321,85 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G_f^\circ}{RT} = -\frac{-321,85 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}}{8,31 \times 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{K} \times 298 \text{ K}}$$

$$= 4,62 \times 10^{57}$$

Pada suhu 150°C besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\ln \frac{K_2}{4,62 \times 10^{57}} = \frac{-320,07 \text{ kJ/mol}}{8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{423,15 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$K_2 = 1,79 \times 10^{74}$$

Harga K_2 yang didapat cukup besar, maka reaksi berjalan *irreversible*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Reaktor

1. Kode : R-110
2. Fungsi : Tempat terjadinya reaksi antara natrium nitrat dengan asam sulfat menjadi asam nitrat.
3. Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
4. Jumlah : 1
5. Bahan : *Stainless steel*

6. Spesifikasi

Kondisi operasi

- a. Suhu operasi : 150°C
- b. Tekanan operasi : 1 atm

Dimensi

- a. Tinggi : 4,518 m
 - b. Tebal *shell* : ¼ in (0,2231 in)
 - c. Tebal *head* : 5/16 in (0,2995 in)
 - d. Diameter : 128,3152 in (3,259 m)
7. Jenis pengaduk : turbin
8. Tenaga pengaduk : 0,5 hp
9. Bentuk pendingin : jaket

3.2 Menara Distilasi

- 1. Kode : D-130
- 2. Fungsi : Memurnikan produk asam nitrat sehingga diperoleh kadar 98%.
- 3. Jenis : *Plate sieve tray*
- 4. Jumlah : 1
- 5. Bahan : *stainless steel*
- 6. Spesifikasi

Kondisi operasi

a. Umpan

- Suhu : 90,79°C
- Tekanan : 1 atm

b. Atas

- Suhu : 82,89°C
- Tekanan : 1 atm

c. Bawah

- Suhu : 97,68°C
- Tekanan : 1 atm

Dimensi

- a. Tinggi : 10,65 m
- b. Tebal *shell* : 3/16 in (0,1526 in)
- c. Tebal *head* : 3/16 in (0,1488 in)
- d. Tinggi *head* : 0,2249 m
- e. Diameter : 0,9399 m

Plat

- a. Jenis : *Plate sieve tray*
- b. Jumlah : 33 buah

3.3 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan unit utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi pada pabrik. Unit pendukung proses pada pabrik asam nitrat meliputi unit penyediaan dan pengolahan air, unit pengadaan *steam*, unit pengadaan udara tekan, unit pembangkit listrik, unit pengadaan bahan bakar, dan unit pengolahan limbah.

4. PENUTUP

Analisis ekonomi bertujuan untuk memperkirakan kelayakan pendirian suatu pabrik ditinjau dari segi ekonomi. Faktor penting dalam analisis ekonomi yaitu estimasi harga alat-alat proses dan pendukungnya karena digunakan sebagai dasar perhitungan.

Dari hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap pabrik asam nitrat dari asam sulfat dan natrium nitrat kapasitas 35.000 ton/tahun diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1. Keuntungan sebelum pajak : Rp56.960.386.562
Keuntungan setelah pajak : Rp42.720.289.922
- 2. *Return on investment* sebelum pajak : 21,34%
Return on investment setelah pajak : 16,01%
Return on investmen minimal 11%
- 3. *Pay out time* sebelum pajak : 3,19 tahun
Pay out time setelah pajak : 3,85 tahun

Pay out time maksimal 5 tahun

4. *Break Event Point* sebesar 57,60%

BEP untuk pabrik kimia berkisar antara 40-60%

5. *Shut Down Point* sebesar 27,79%

6. *Internal Rate of Return* sebesar 31,91%

Internal Rate of Return minimal 25%

Dari data perhitungan analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik asam nitrat ini LAYAK untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R., dan Newton, R. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Badan Pusat Statistik. (2014). *Statistic Indonesia*. www.bps.go.id. Diakses pada tanggal 3 Maret 2016 pukul 10:00 WIB.
- Brown, G.G. (1950). *Unit Operations*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Brownell, L.E. dan Young, E.H. (1979). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Coulson, J.M. dan Richardson, J.F. (1983). *Chemical Engineering Volume 6.* Pergamon Press Oxford.
- England Christoper dan William H. Corcorn. (1974). *Kinetics and Mechanisms of the Gas-Phase Reaction of Water Vapor and Nitrogen Dioxide*. California: California Institute of Technology.
- Evans, F.L. (1980). *Equipment Design Hanbook for Refineries and Chemical Plant Volume 2*. London: Gulf Publishing Company.
- Faith, W.L., Keyes, D.B., dan Clark, R.L. (1957). *Industrial Chemistry*. London: John Wiley and Sons.
- Kern, D.Q. (1950). *Process Heat Transfer*. New York: Mc. Graw-Hill International Book Company Inc.
- Kirk, R. E., dan Othmer, D. F. (1998). *Encyclopedia of Chemical Technology* (4th ed.). New York: The Interscience Encyclopedia Inc.
- Kubelka, P. (1934). *Patent No (3226188)*. US Patent
- Levenspiel, O. (1976). *Chemical Reaction Engineering*, 2nd ed. New York: John Willley and Sons Inc.

- Matche. (2016). *matche equipment*. <http://www.matche.com/equipmentcost/html>. Diakses pada tanggal 7 September 2016 pukul 11:33 WIB.
- Peters, M., Timmerhause, K., dan West, R. (2003). *Plant Design and Economics fof Chemical engineers*. New York: McGraw Hill.
- Perry, R. H., dan Green, D. W. (2008). *Perry's Chemical Engineers* (7th ed.). USA: McGraw Hill Companies Inc.
- Powell, S. (1985). *Water Conditioning for Industry* 1st ed. New York: Mc Graw Hill.
- Rase, H.F., dan Barrow, M.H. (1977). *Chemical Reactor Design for Process Plants* 2nd ed. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Smith, J.M. dan Van Ness, H.C. (1987). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics* 4th ed. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Ulrich, G.D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Wikipedia. *wikipedia Indonesia*. www.wikipedia.com/sungaikalimalang. Diakses pada 26 Agustus 2016 pukul 14:10 WIB.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Nitric_acid Diakses pada 12 Maret 2016 pukul 09:38 WIB.
- https://www.alibaba.com/product-detail/Sulfuric-Acid-H2SO4_60492862721.html?spm=a2700.7724838.0.0.gjwlsd. Diakses pada tanggal 7 September 2016 pukul 15:20 WIB.